

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни «Авіоніка»  
вибіркових компонент  
освітньо – професійної програми першого (бакалаврського) рівня  
вищої освіти

***272 Авіаційний транспорт  
(Аеронавігація)***

**за темою № 4 - Радіокомпасні системи навігації**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.23 № 7

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного коледжу  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 28.08.23 № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.23 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного  
обладнання, протокол від 28.08.2023 № 1

**Розробник:** викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного  
обладнання, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист  
Стущанський Ю.В.

**Рецензенти:**

1. К.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист циклової  
комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання Шмельов Ю.М.
2. Заступник директора з ОЛР, командир авіаційного загону ТОВ «ЕЙР  
ТАУРУС» Гетьман Ю.Ю.

**План лекції:**

1. Призначення радіокомпасних систем навігації.
2. Принцип дії систем ПАР-АРК.
3. Функціонування автоматичного радіокомпасу.
4. Фактори, які впливають на похибки радіокомпасів.

**Рекомендована література:****Основна**

1. В.П. Харченко, І.В. Остроумов. Авіоніка. Навчальний посібник. К.: НАУ, 2013.-272с.
2. О.О. Чужа. Авіаційні радіоелектронні системи / О.О.Чужа, О.Г. Ситник, В.М. Хімін, О.В. Кожохіна. – К.:НАУ, 2017. – 264с.;
3. В.О. Рогожин. Пілотажно-навігаційні комплекси повітряних суден. / В.О. Рогожин, В.М. Синеглазов, М.К. Філяшкин. Підручник. – К.: НАУ, 2005. – 316с
4. В.П. Харченко Авіоніка безпілотних літальних апаратів / В.П. Харченко, В.І.Чепіженко, А.А.Тунік, С.В.Павлова. – К.: ТОВ «Абрис-принт», 2012. – 464 с.
5. А.В. Скрипець. Теоретичні основи експлуатації авіаційного обладнання. Навч. посіб. / А.В. Скрипець. – К.:НАУ, 2003. – 396с.;
6. А.П. Бамбуркін, В.Н. Неделько, М.І. Рубец. Аеронавігаційні радіотехнічні системи. Навчальний посібник/ Підред. М.І. Рубця — Кіровоград. Вид-во ГЛАУ, 2002.- 520с.
7. Ю.В. Стушанський. Комп'ютерні інтегровані системи авіоніки. Навчальний посібник. КЛК НАУ. 2011. – 182 с.

**Допоміжна**

1. Керівництво з льотної експлуатації вертольота Мі-2 - М.: Департамент повітряного транспорту, 1996.
2. Конспекти лекцій з базової підготовки технічного персоналу згідно вимог Part-66, Part-147 ( Модуль 3, 4, 5, 13, 14)

**Інформаційні ресурси в Інтернеті:**

1. Системи індикації ПС. <https://studfiles.net/preview/6810198/page:28/>
2. Бортова система попередження зіткнень  
[http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/TM058196.htm](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/TM058196.htm)
3. HELLI — TAWS [http://www.fcs-modification.com/?go=news&n=6&new\\_language=0](http://www.fcs-modification.com/?go=news&n=6&new_language=0)

## Текст лекції

### 1. Призначення радіокомпасних систем навігації

Радіонавігаційні системи призначені для визначення положення ПК та забезпечення точного дотримання заданої траєкторії польоту з використанням для цього радіотехнічних засобів.

Радіонавігаційні системи можна класифікувати за ступенем автономності на автономні та неавтономні. Для функціонування автономних систем достатньо бортового обладнання. Більшість автономних радіонавігаційних систем побудовані на основі радіолокаційного принципу. Під час виконання функцій неавтономні радіонавігаційні системи взаємодіють з іншим радіотехнічним обладнанням, розміщеним зовні ПК.

До неавтономних радіонавігаційних систем належать:

- автоматичний радіокомпас;
- обладнання VOR;
- далекомір DME;
- системи посадки ILS та MLS;
- супутникова навігаційна система;
- системи попередження зіткнень ПК;

До неавтономних систем належать усі радіомаячні системи. Радіомаяки таких систем можуть розміщуватись на земній поверхні або на борту космічних апаратів.

Наземні радіомаяки призначені для водіння ПК за маршрутом польоту, для виведення на аеродром та посадки ПК. Радіомаяки розміщують на поверхні землі у поворотних пунктах маршрутів та в зоні аеродрому. Сигнали, що випромінюються або ретранслюються радіомаяком, пеленгуються обладнанням, розміщеним на борту ПК. Вимірюючи параметри сигналу, приймач визначає напрямок на радіомаяк, відстань до нього або величину відхилення від заданого напрямку. Радіомаяки зазвичай використовують для забезпечення польоту ПК на радіомаяк або від радіомаяка. Крім того, за двома рознесеними радіомаяками можна визначити положення ПК.

Розташовані в різних точках радіомаяки працюють на різних частотах, що дозволяє налаштувати радіонавігаційну систему на конкретний радіомаяк. Крім того, радіомаяки, як правило, передають азбукою Морзе сигнали власного розпізнавання. Місцез положення кожного радіомаяка з описом параметрів, його функціонування відмічено на аеронавігаційних картах. Прокладаючи маршрут, пілот так буде траєкторію польоту, щоб вона проходила над радіомаяками. Отримана лінія заданого шляху являє собою ламану лінію, у точках зламу якої розміщуються радіомаяки. Політ розбивається на відрізки, а пілотування зводиться до

витримування напрямку на черговий радіомаяк. Для цього на початку кожного відрізка екіпаж налаштовує певне обладнання, що приймає сигнали від радіомаяків на обраний радіомаяк за допомогою пульта керування. На сучасних ПК, обладнаних FMS, пілот перед зльотом програмує траєкторію майбутнього польоту. Під час польоту FMS автоматично вибирає наступний радіомаяк і настраює бортове обладнання на нього. У результаті пілоту завжди вказується напрямок на майбутній радіомаяк відповідно до плану

польоту.

До автономних радіонавігаційних систем належать:

- радіовисотомір;
- доплерівській вимірювач швидкості та кута зсуву;
- метеонавігаційна радіолокаційна станція.

Автоматичний радіокомпас (Automatic Directional Finder – ADF) призначений для навігації за привідними та широкомовними радіостанціям. Приймач ADF приймає амплітудно-модульовані сигнали від наземних радіопередавальних станцій та визначає напрямок на джерело радіосигналу. призначений для пілотування вертольота по привідним (ПРС) і радіомовних (РВС) радіостанціям, а також для побудови передпосадкових маневрів при заході вертольота на посадку. Він забезпечує:

- отримання безперервного відліку курсового кутів радіостанції КУР - кута між поздовжньою віссю вертольота і напрямком на радіостанцію.
- здійснювати політ на радіостанцію і від неї з візуальною індикацією курсу; визначати пеленг на радіостанцію за вказівниками УГР-4УК з комплекту курсової системи ГМК-1А;
- здійснювати заходи на посадку за системою ОСП;
- працювати в якості резервного радіоприймача в діапазоні частот 150-1700 кГц.

## 2. Принцип дії систем ПАР-АРК

Бортове обладнання ADF складається з пульта керування, приймача та антенної системи. Антена ADF складається з напрямленої (наприклад, рамкової) та всенаправленої антен, які розташовані разом. Через порівняння сигналів від двох антен напрямлена антена спрямовується на наземну радіостанцію і визначає курсовий кут радіостанції. Через пульт керування пілот виставляє частоту радіомаяка, на яку буде визначений напрямок.

У сучасних бортових обчислювальних системах ADF настраюється автоматично з FMS відповідно до заданого плану польоту.

У випадку пеленгування двох радіомаяків ADF можна використовувати для визначення місцеположення ПК. Крім виконання навігаційних функцій, ADF може використовуватись для розпізнавання аеропортів та проміжних точок маршруту через прослуховування позивних сигналів.

Дальність дії ADF залежить від висоти польоту та потужності радіостанції; за потужності 500 Вт дальність становить 200 – 300 км

Автоматичний Р / компас АРК- 9 побудований за класичною схемою автоматичного Р / пеленгатора, де закладено принцип порівняння амплітуд прийнятих сигналів на вході приймача і зі стежить приводом на виході, тобто принцип впливу вихідних сигналів приймача на його вхід.

Радіокомпас має три режими роботи:

«Компас» - основний режим роботи, який використовується для автоматичного пеленгування;

« Антена » -Р/ компас працює як звичайний середньохвильовий Р/ приймач, приймає сигнали і служить для прослуховування і впізнання позивних сигналів Р/ст.

« Рамка » - допоміжний режим працює, при якому Р / компас працює тільки з рамковою антеною і використовується в умовах інтенсивних електростатичних перешкод.

В якості курсового індикатора радіокомпаса АРК-9 застосовується комбінований показчик курсу типу УГР-4УК, який встановлений на приладовій дошці пілотів. На показчику УГР-4УК проти вістря вузької стрілки відраховуються: - курсові кути радіостанцій по зовнішній (нерухомою) шкалою проти вістря вузької стрілки; - курси по внутрішній (рухомого) шкалою проти нерухомого трикутного індексу зовнішньої шкали; - пеленги радіостанцій по внутрішній шкалі проти вістря вузької стрілки; - пеленги вертольота від радіостанцій по внутрішній шкалі проти тупого кінця вузької стрілки; - заданий шляхової кут і КУРС по внутрішній шкалі проти вістря широкої стрілки (яка встановлюється в потрібне положення за допомогою кремальєри задатчика курсу). Прослуховування сигналів приводних радіостанцій забезпечується через телефонні гарнітури пілота при установці перемикача абонентського апарату СПУ в положення "РК-1".

### **3. Функціонування автоматичного радіокомпасу**

Радіокомпас АРК-9 представляє собою середньохвильовий радіоприймач, що працює в діапазоні 150 ... 1300 КГц і призначений для прийому амплітудно модульованих сигналів. Пеленгування працюють радіостанцій засноване на використанні двох властивостей рамкової антени:

- характеристика спрямованості рамкової антени має вигляд вісімки;
- при зміні напрямку приходить сигналу сторону від положення нульового прийому фаза ЕРС, затискачах рамки, змінюється на 180 °.

Виходячи з функцій, які виконуються окремими елементами, схему радіокомпаса АРК-9 можна розбити на наступні частини:

- рамкові вхідні кола;
- вхід ненаправленої антени;
- приймач;
- схема дистанційного перемикач піддіапазонів і настройки;

- керуюча схема обертання рамки;
- пульт управління.

Телефоний вихід радіокомпаса пов'язаний з переговорним пристроєм СПУ-7 для прослуховування членами екіпажу позивних сигналів радіостанцій.

Ненаправлена антена конструктивно являє собою єдине ціле з обтічником рамкової антени радіокомпаса і складається з блістери-обтічника, виклеєний з склотканини, і власне антени з лудженої мідної фольги, вклеєною в матеріал обтічника. радіокомпаси однопультового варіанту.

Рамкова антена призначена для спрямованого прийому сигналів пеленгованого радіостанції і являє собою дві взаємно перпендикулярні обмотки на плоскому феритовому осердді прямокутної форми. Кожна з обмоток являє собою окрему рамку. Середні точки обмоток заземлені через екрани кабелів. На тій же серцевині під кутом до обмоток розміщений контрольний виток для перевірки працездатності АРК за допомогою вимірювального пристрою ІРК - 3. Антена поміщена в екран з листової сталі. Для герметичності конструкції антена залита радіо прозорою теплостійкою масою, одночасно володіє демпфуючими властивостями.

Еквівалент кабелю рамки конструктивно являє собою блок. Шильдик на кришці блоку вказує, якій довжині кабеля відповідають електричні характеристики еквівалента.

Включення радіокомпаса необхідно проводити тільки після запуску двигунів або від наземного джерела живлення; вимикання - після посадки вертольота до зупинки двигунів.

У радіокомпасі АРК-9 частоти 224, 336 і 448 кГц є ураженими, так як вони кратні проміжній частоті радіокомпаса 112 кГц, на них можливі сильні свисти і різке зменшення чутливості.

При роботі на передачу КВ радіостанція Ядро-1А на деяких частотах може створювати перешкоди радіокомпасом. В цьому випадку показаннями індикатора АРК-9 не користуватися.

Застосування АРК-9 в горах утруднено через наявність "гірського ефекту".

Час готовності компаса до роботи після включення живлення 2-3 хвилини.

#### **4. Фактори, які впливають на похибки радіокомпасів**

Радіодевіації називається помилка у визначенні курсового кута радіостанції (КСР), що виникає при пеленгації радіостанції радіокомпасом. Помилка полягає в тому, що рамкова антена радіокомпаса при пеленгацією радіостанції не встановлюється строго по напрямку на радіостанцію, а відхиляється від нього на деякий кут  $\Delta P$ , який називається радіодевіації.

Величина кута  $\Delta P$  практично не залежить ні від частоти, на якій працює радіостанція, ні від віддаленості радіостанції, ні від роботи радіокомпаса.

Вона залежить тільки від положення вертольота в просторі щодо радіостанції, тобто від курсового кута радіостанції. Така залежність впливає з фізичного сенсу радіодевіації, який полягає в тому, що великі металеві маси вертольота, перебуваючи в електромагнітному полі, випромінюваному приводний радіостанцією, поводяться як антена випромінює радіохвилю вторинного випромінювання. Частота вторинного випромінювання дорівнює частоті електромагнітного поля, випромінюваного приводний радіостанцією.

Таким чином, металеві частини вертольота викликають похибки (девіацію) електромагнітного поля приводний радіостанції поблизу вертольота, що призводить до помилок визначення пеленга. На основних значеннях КУР  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  і  $270^\circ$  ця помилка практично дорівнює 0. На решті значеннях КУР радіодевіаційних помилка радіокомпаса визначається практичним шляхом і задається у вигляді графіка.

Залежність помилки пеленга тільки від курсового кута вертольота щодо радіостанції дає можливість компенсувати її за допомогою компенсатора радіодевіації, встановленого на рамковій антени. Компенсація радіодевіації проводиться ІТС відповідно до технологічних вказівок.

Отримані дані заносяться в таблицю і визначається поправка на радіодевіації  $\Delta P$  і будується графік поправок залежності  $\Delta P$  від ОРК, який вивіщується в кабіні пілотів.